



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of : **Confirmation No. 6169**  
Marc ROBELET : Docket No. 2003-1731A  
Serial No. 10/726,651 : Group Art Unit 3747  
Filed December 4, 2003 : **ATTN: BOX MISSING PARTS**

METHOD OF MANUFACTURE OF A  
PISTON FOR AN INTERNAL  
COMBUSTION ENGINE, AND PISTON  
THUS OBTAINED

---

**CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

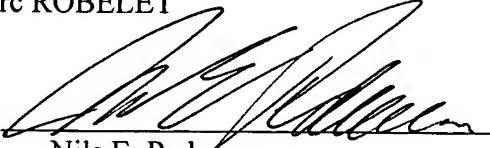
Applicant in the above-entitled application hereby claims the date of priority under the International Convention of French Patent Application No. 02 15376, filed December 5, 2002, as acknowledged in the Declaration of this application.

A certified copy of said French Patent Application is submitted herewith.

Respectfully submitted,

Marc ROBELET

By

  
Nils E. Pedersen  
Registration No. 33,145  
Attorney for Applicant

NEP/krg  
Washington, D.C. 20006-1021  
Telephone (202) 721-8200  
Facsimile (202) 721-8250  
March 17, 2004

THE COMMISSIONER IS AUTHORIZED  
TO CHARGE ANY DEFICIENCY IN THE  
FEES FOR THIS PAPER TO DEPOSIT  
ACCOUNT NO. 23-0975

06/03/2021



# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 26 NOV. 2003

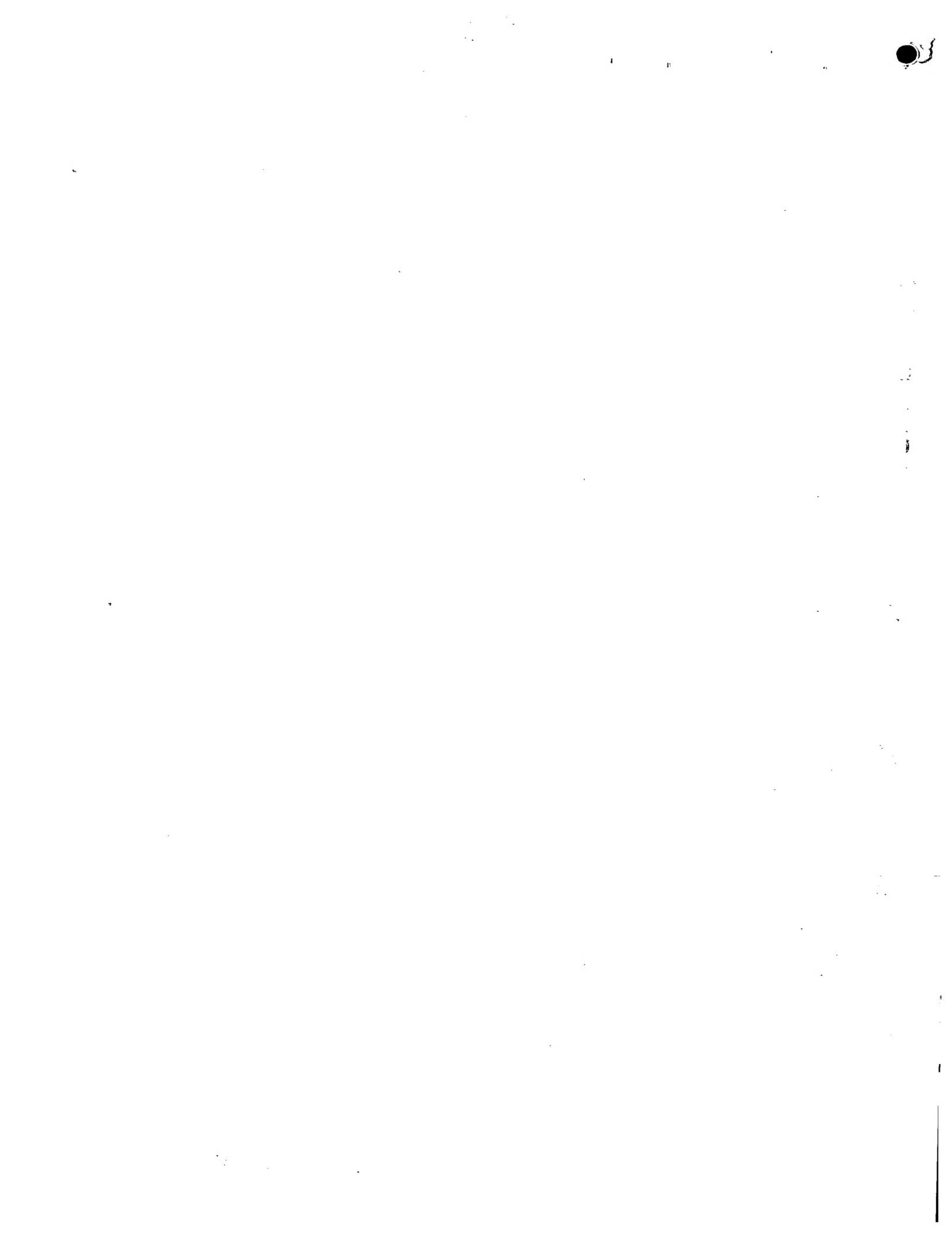
Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martine PLANCHE'.

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIETE  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)





INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

1er dépôt

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**cerfa**  
N° 11354\*02

**BR1**

### REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 5-0 W / 010501

REMISE DES PIÈCES	Réserve à l'INPI
DATE	5 DEC 2002
LIEU	75 INPI PARIS
N° D'ENREGISTREMENT	0215376
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI	05 DEC. 2002
Vos références pour ce dossier ( facultatif )	BFF 02/0323

NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADDRESSÉE

CABINET LAVOIX  
2, Place d'Estienne d'Orves  
75441 PARIS CEDEX 09

N° attribué par l'INPI à la télécopie

Cochez l'une des 4 cases suivantes

**NATURE DE LA DEMANDE**

Demande de brevet



Demande de certificat d'utilité



Demande divisionnaire



Demande de brevet initiale



ou demande de certificat d'utilité initiale



Transformation d'une demande de  
brevet européen Demande de brevet initiale



Date

Date

Date

**TITRE DE L'INVENTION** (200 caractères ou espaces maximum)

Procédé de fabrication d'un piston pour moteur à explosion, et piston ainsi obtenu.

**DÉCLARATION DE PRIORITÉ  
OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE  
LA DATE DE DÉPÔT D'UNE  
DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE**

Pays ou organisation

Date  N°

Pays ou organisation

Date  N°

Pays ou organisation

Date  N°

S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »

**DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)**

Nom ou dénomination sociale		Pays ou organisation
Prénoms		Date <input type="text"/> N°
Forme juridique		Date <input type="text"/> N°
N° SIREN		Date <input type="text"/> N°
Code APE-NAF		Société Anonyme 331048132
Domicile ou siège	Rue	ASCOMETAL
	Code postal et ville	Immeuble Le Colisée, 10 Avenue de l'Arche Faubourg de l'Arche,
	Pays	FRANCE Française
Nationalité		N° de télécopie ( facultatif )
N° de téléphone ( facultatif )		
Adresse électronique ( facultatif )		<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »

Remplir impérativement la 2<sup>me</sup> page

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2**


REMISE DES PIÈCES	Réserve à l'INPI
DATE	
LIEU	<b>5 DEC 2002</b>
N° D'ENREGISTREMENT	<b>75 INPI PARIS</b>
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	<b>0215376</b>

08 540 W / 010601

<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>( facultatif )</i>		BFF 02/0323
<b>6 MANDATAIRE</b> <i>( facultatif )</i>		
Nom		
Prénom		
Cabinet ou Société		CABINET LAVOIX
N ° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		
Adresse	Rue	2 Place d'Estienne d'Orves
	Code postal et ville	75441 PARIS CEDEX 09
Pays	FRANCE	
N° de téléphone <i>( facultatif )</i>	01 53 20 14 20	
N° de télécopie <i>( facultatif )</i>	01 48 74 54 56	
Adresse électronique <i>( facultatif )</i>	brevets@cabinet-lavoix.com	
<b>7 INVENTEUR (S)</b>		
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance <i>(en deux versements)</i>		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		
		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention <i>( joindre un avis de non-imposition )</i> <input type="checkbox"/> Obtenu antérieurement à ce dépôt pour cette invention <i>( joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence )</i> : AG <input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé « Suite », indiquez le nombre de pages jointes		
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> <i>( Nom et qualité du signataire )</i>		C. JACOBSON n° 92.1119 
		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b> 

L'invention concerne le domaine des pistons de moteur à explosion, notamment pour véhicules automobiles, poids lourds, engins agricoles, engins de travaux publics, bateaux.

Dans les dernières années, on a développé des moteurs à explosion à hautes performances, présentant en particulier des puissances spécifiques élevées pour respecter les nouvelles et futures normes anti-pollution sur les émissions de CO<sub>2</sub>. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des moteurs diesel. Cette augmentation des puissances spécifiques entraîne un accroissement très sensible des sollicitations thermiques et mécaniques auxquelles sont soumises les pièces des moteurs, et en particulier les pistons. Ceux-ci, en conséquence, sont de conception de plus en plus complexe.

Habituellement, les pistons sont réalisés d'une seule pièce en alliage d'aluminium moulé ou forgé. Mais les conditions de sollicitation accrues dont on vient de parler rendent les pistons classiques inadaptés. En conséquence, on a imaginé diverses solutions pour rendre les pistons en aluminium compatibles avec les moteurs à hautes performances : insertion de fibres d'alumine dans l'alliage pour le renforcer, ajout d'inserts en acier pour diminuer la dilatation, dépôt de graphite sur la jupe pour diminuer les frottements, ou usinage de canaux de refroidissement pour y faire circuler de l'air ou de l'huile de manière à maintenir le piston à des températures de fonctionnement acceptables. Mais toutes ces solutions sont coûteuses.

Une solution envisageable pourrait être le remplacement de l'alliage d'aluminium par un acier qui, à géométrie comparable, présenterait une meilleure résistance aux sollicitations mécaniques et thermiques et à la fatigue et une meilleure tenue à la température. De fait, l'acier était autrefois utilisé pour fabriquer des pistons, mais l'utilisation de l'acier pour fabriquer des pistons de moteurs à haut rendement n'est, en fait, pas envisageable économiquement à première vue, du fait de la densité élevée de ce matériau. Si on voulait conférer au piston une masse suffisamment faible pour l'obtention des hautes performances du moteur, il faudrait parvenir à une épaisseur de paroi très réduite après forgeage du piston. Une telle épaisseur est inaccessible par les procédés de forgeage classiques si, pour des raisons de coût, on veut continuer à réaliser les pistons en une seule pièce.

Le but de l'invention est de rendre possible la fabrication, dans des conditions économiquement avantageuses, de pistons pour moteur à explosion à hautes performances, notamment en permettant d'utiliser à cet effet un acier,

ou un autre alliage dense à propriétés mécaniques élevées, au lieu d'un alliage d'aluminium spécialement traité et/ou conformé.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de fabrication d'un piston pour moteur à explosion, ledit piston étant formé d'une pièce métallique monobloc, caractérisé en ce qu'on effectue un réchauffage d'un lopin pour l'amener à une température intermédiaire entre sa température de solidus et sa température de liquidus, et en ce qu'on effectue sa mise en forme par thixoforgeage.

L'invention a également pour objet un piston de moteur à explosion, 10 composé d'une pièce métallique monobloc, caractérisé en ce qu'il a été fabriqué par réchauffage d'un lopin pour l'amener à une température intermédiaire entre sa température de solidus et sa température de liquidus, suivi d'une mise en forme par thixoforgeage.

Dans un exemple de réalisation ses pattes sont constituées par des 15 étriers ménagés sur le fond de la cavité intérieure du piston, munis d'un orifice pour le passage de l'axe solidarisant le piston et la bielle, et il présente sur sa jupe des évidements donnant accès aux orifices des étriers.

La forme de la paroi du fond de piston peut épouser celle de la surface 20 du fond de piston sur son côté destiné à être tourné vers la chambre de combustion.

Le piston peut comporter des nervures de renforcement.

Le piston peut être réalisé en acier au carbone.

Sa composition peut alors être en pourcentages pondéraux :

- $0,35\% \leq C \leq 1,2\%$
- $0,10\% \leq Mn \leq 2,0\%$
- $0,10\% \leq Si \leq 1,0\%$
- traces  $\leq Cr \leq 4,5\%$
- traces  $\leq Mo \leq 2,0\%$
- traces  $< Ni \leq 4,5\%$
- traces  $\leq V \leq 0,5\%$
- traces  $\leq Cu \leq 3,5\%$
- traces  $\leq Al \leq 0,060\%$
- traces  $\leq Ca \leq 0,050\%$
- traces  $\leq B \leq 100ppm$

- traces  $\leq$  Ti  $\leq$  0,050%
- traces  $\leq$  Nb  $\leq$  0,050%

les autres éléments étant du fer et des impuretés classiques résultant de l'élaboration.

5 Il peut comporter également jusqu'à 0,180% de S et un au moins des éléments choisis parmi jusqu'à 0,080% de Bi, jusqu'à 0,020% de Te, jusqu'à 0,040% de Se, jusqu'à 0,070% de Pb.

Le piston peut être réalisé en acier d'outillage à chaud.

Le piston peut être réalisé en acier rapide.

10 Le piston peut être réalisé en acier inoxydable.

Le piston peut être réalisé en fonte.

Le piston peut être réalisé en alliage à base Fe-Ni.

Le piston peut être réalisé en alliage à base Ni-Co.

15 Comme on l'aura compris, l'invention repose sur l'utilisation du procédé de mise en forme appelé « thixoforgeage », connu en lui-même mais qui n'avait jamais été appliqué à la fabrication de pistons.

20 Le thixoforgeage est un procédé qui consiste à réaliser la mise en forme d'une pièce métallique par forgeage d'un lopin après l'avoir porté à une température intermédiaire entre sa température de solidus et sa température de liquidus, de façon à faire coexister au sein du lopin de la matière solide et de la matière liquide intimement mêlées. Cela permet, par rapport aux procédés classiques de forgeage à chaud, de réaliser des pièces de géométrie complexe pouvant présenter des parois minces, et ce avec de très faibles efforts de mise en forme. En effet, sous l'action d'efforts externes, les métaux subissant une 25 opération de thixoforgeage se comportent comme des fluides visqueux.

Le thixoforgeage est utilisable pour de nombreuses sortes d'alliages. Dans la suite de l'exposé de l'invention, on se concentrera sur le thixoforgeage des aciers au carbone, étant entendu que d'autres alliages peuvent se prêter à la fabrication de pistons par thixoforgeage.

30 La réussite d'une opération de thixoforgeage d'un acier dépend en premier lieu de la structure primaire obtenue à une température intermédiaire entre le solidus et le liquidus lors du cycle de chauffage du lopin avant sa mise en forme par thixoforgeage. L'expérience montre qu'avant l'opération de mise en forme, le lopin doit présenter une structure primaire globulaire plutôt que dendritique. Dans ce dernier cas, au cours du chauffage, la ségrégation des divers éléments d'alliage entre les dendrites et les espaces inter-dendritiques 35

entraîne une fusion préférentielle du métal dans les espaces interdendritiques enrichis en éléments d'alliage. Le liquide résultant tend à être expulsé au début de l'opération de formage, ce qui entraîne une augmentation des efforts à appliquer (ceux-ci s'exerçant sur un métal plus solide que prévu) et l'apparition de défauts au sein de la pièce : ségrégations et problèmes de santé interne. Lorsque l'opération de mise en forme par thixoforgeage est réalisée sur une structure primaire globulaire obtenue par un chauffage adapté, on obtient un produit homogène, pouvant se déformer à vitesse élevée. La structure primaire dendritique du lopin peut être optimisée pour faciliter l'obtention, lors du chauffage avant thixoforgeage, d'une structure primaire globulaire homogène. Cela peut être obtenu en jouant notamment sur l'intensité du brassage électromagnétique lors de la solidification du produit coulé en continu qui permet de fragmenter les dendrites, et sur l'intensité du refroidissement de ce produit qui conditionne la croissance des dendrites et la diffusion des éléments ségrégeants, tout cela pour une taille du produit donnée.

Si on opère sur un lopin issu d'une barre laminée provenant d'un bloom de coulée continue ou d'un lingot, cela facilite l'obtention d'une structure globulaire au cours du chauffage précédent le thixoforgeage, sans qu'il soit nécessaire de recourir à une opération séparée de globulisation de la structure primaire. En effet, les multiples réchauffages et les déformations importantes subies par l'acier ont alors conduit à une structure très imbriquée et diffuse où une structure primaire est pratiquement impossible à révéler.

Le chauffage du lopin visant à atteindre la température du thixoforgeage est effectué généralement par induction, pour obtenir une excellente homogénéité de la température sur l'ensemble de la section du lopin et une excellente reproductibilité de l'opération d'un lopin à l'autre.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, donnée en référence aux figures annexées suivantes :

- la figure 1 qui représente en perspective et en coupe longitudinale un exemple de piston de l'art antérieur, réalisé classiquement en alliage d'aluminium forgé ;

- la figure 2 qui représente de la même façon un exemple de piston selon l'invention, pouvant se substituer au précédent, réalisé en acier au carbone thixoforgé.

Le piston 1 de l'art antérieur représenté en coupe et en perspective sur la figure 1, à titre de référence, est conçu pour être employé dans un moteur diesel de 1900 cm<sup>3</sup> de cylindrée à injection directe haute pression. Il est fabriqué

par forgeage d'un alliage d'aluminium AS12UNG renforcé par des fibres d'alumine. Son diamètre extérieur est de 80 mm. De manière classique, ses différentes portions sont constituées par :

- une cavité intérieure 2, où on peut loger la bielle qui entraînera le piston 1 ;
- une jupe 3 constituant la paroi latérale du piston 1, destinée à venir au contact de la chemise du cylindre, notamment par l'intermédiaire de segments (non représentés) disposés dans des logements 4, 5, 6 ménagés sur la périphérie de la jupe 3, au niveau du fond 7 du piston 1 ;
- une surface 8 de fond de piston, constituant la partie du piston 1 faisant face à la chambre de combustion lorsque le piston 1 est placé dans le cylindre, et dont la conformation, représentée seulement à titre d'exemple, est classiquement conçue pour favoriser la combustion du carburant ;
- une patte 9, comportant un orifice 10 à parois renforcées vers l'intérieur du piston 1, ménagé dans la jupe 3 pour permettre le passage à travers l'orifice 10 de l'axe destiné à solidariser le piston 1 et la bielle ; une patte similaire est disposée symétriquement à l'opposé de la patte 9 sur la moitié du piston 1 non représentée.

On peut remarquer que :

- la jupe 3 présente une épaisseur relativement élevée, de 6mm ;
- le fond de piston 7 est lui aussi épais, avec une distance maximale entre sa surface 8 et le fond 11 de la cavité intérieure 2 de 29mm,
- la distance entre le segment coup de feu (celui qui est placé dans le logement 6 le plus proche de la surface 8) et la surface 8 du fond de piston 7 est de 11mm ;
- la hauteur de compression, c'est à dire la distance entre le centre de l'orifice 10 de la patte 9 et la surface 8 du fond de piston 7, est de 51mm ;
- le diamètre de l'orifice 10 de la patte 9 est de 28mm ;
- la hauteur totale du piston 1 est de 68mm ;
- le poids du piston 1 est de 525g après usinage.

Le piston 12 selon l'invention représenté sur la figure 2 est appelé à se substituer au piston 1 de l'art antérieur qui vient d'être décrit. Il est réalisé par thixoforgeage d'un acier au carbone de composition (en pourcentages pondéraux) : C = 0,962% ; Mn = 0,341% ; Si = 0,237% ; Cr = 1,500% ; Ni = 0,089% ; Mo = 0,017% ; Cu = 0,161% ; Al = 0,037% ; S = 0,010% ; P = 0,009% ; V = 0,004% ; Ti = 0,002% ; Sn = 0,002% ; N = 0,0041%. Les éléments

fonctionnellement équivalents à ceux du piston 1 de l'art antérieur sont désignés par les mêmes références.

On remarque que, par rapport au piston 1 de l'art antérieur :

- la jupe 3 est beaucoup plus mince : son épaisseur n'est que de 5 1,5mm ;

10 - l'épaisseur du fond de piston 7 est très faible, de 3mm environ, et la forme de sa paroi épouse celle de sa surface 8 sur son côté destiné à être tourné vers la chambre de combustion ; le résultat est que la cavité intérieure 2 du piston 12 présente un grand volume, ce qui procure une grande économie de matière allégeant considérablement le piston 12 ;

15 - la distance entre le segment coup de feu placé dans le logement 6 et la surface 8 du fond de piston 7 est de 5mm ;

20 - la patte n'est plus intégrée à la jupe 3, mais est constituée par un étrier 13 triangulaire, ménagé au fond de la cavité 2 et perforé par l'orifice 10 ; un étrier similaire se trouve symétriquement à l'étrier 13 dans la moitié du piston 12 non représentée ; pour donner accès à l'étrier 13 et à l'orifice 10, la jupe 3 présente un large évidement 14, ce qui là encore permet d'alléger le piston 12, et aussi de réduire la surface de contact entre la jupe 3 et la chemise du cylindre, donc les frottements subis par le piston 12 en cours d'utilisation ;

25 - la hauteur de compression est de 32mm seulement ;

- le diamètre de l'orifice 10 de l'étrier 13 est de 20mm seulement, ce qui permet de réduire le diamètre de l'axe solidarisant le piston 12 et la bielle ;

30 - la hauteur totale du piston 12 est de 75mm (mais on pourrait la ramener à une valeur identique à celle du piston 1 de l'art antérieur) ;

35 - le poids du piston 12 est de 500g après usinage.

Cette géométrie complexe ne peut être obtenue sur une pièce monobloc en acier au carbone que grâce à l'utilisation du procédé de thixoforgeage. Lui seul donne accès, en particulier, à la faible épaisseur de la jupe 3 qui a été citée.

Il faut noter que le gain de poids procuré par cette configuration se fait sentir non seulement sur le piston lui-même, mais sur l'ensemble de l'équipage mobile piston-axe de piston-bielle. Comme on l'a vu, le gain de poids sur le piston est de 25g. La réduction de 28 à 20mm du diamètre de l'axe du piston et son raccourcissement de 80 à 50mm (l'axe du piston est dans les deux cas un tube de 6mm d'épaisseur) permet de gagner 156g sur cette pièce. Le poids de la bielle peut aussi être réduit de quelques grammes.

Les modifications dimensionnelles qui ont été signalées entre le piston 1 de l'art antérieur en alliage d'aluminium et le piston 12 selon l'invention en acier thixoforgé ayant la composition précitée sont rendues possibles par les meilleures caractéristiques mécaniques et thermiques de l'acier, mises en évidence dans le tableau 1. Toutes les caractéristiques ont été mesurées à 350°C. Cette température est une température moyenne que le piston en fonctionnement atteint dans des cas extrêmes, mais qui peut être largement dépassée localement au voisinage de la chambre de combustion du cylindre.

10 **Tableau 1 : caractéristiques comparées de l'alliage d'aluminium A512UNG renforcé et de l'acier de l'exemple précédent à 450°C**

	AS12UNG renforcé	Acier
Densité	2,71	7,83
Module d'Young (MPa)	55 000	190 000
Coefficient de Poisson	0,3	0,27
Résistance à la rupture (MPa)	100	1 100
Résistance à la fatigue (MPa)	50	400
Coefficient de dilatation ( $10^{-6}/K$ )	20	12
Coefficient de conductibilité thermique (W/m.K)	100	20

15 On voit que les meilleures caractéristiques mécaniques de l'acier autorisent l'utilisation d'une moindre quantité de matière pour obtenir une pièce de résistance aux sollicitations égale, ce qui permet de compenser la densité supérieure de l'acier et d'obtenir une pièce qui est même plus légère que son équivalente en aluminium.

20 Par ailleurs, les caractéristiques mécaniques de l'acier sont plus stables en température que celles de l'aluminium.

25 Du fait de la plus faible conductibilité thermique de l'acier, on peut se permettre, comme on l'a vu, de raccourcir sensiblement la distance entre le segment coup de feu et le fond 8 du piston. Les espacements entre les segments peuvent, de même, être réduits. Tout cela concourt à la diminution de la quantité de matière utilisée. D'autre part, la chaleur dégagée dans la chambre de combustion reste ainsi concentrée sur le fond du piston. La jupe 3 subit ainsi moins de variations de température, ce qui réduit les problèmes de

dilatation, comme le fait aussi le plus faible coefficient de dilatation de l'acier par rapport à d'autres alliages métalliques tels que l'aluminium. La jupe 3 et la chemise du cylindre se dilatent à peu près de la même façon, ce qui permet de réduire les jeux de fonctionnement et d'évacuer plus rapidement la chaleur vers la chemise.

Pour la même raison, la chaleur de la chambre de combustion est moins évacuée par le piston en acier que par le piston en aluminium, ce qui augmente le rendement du moteur.

La réduction de la hauteur de compression permet de diminuer la hauteur des cylindres, donc améliore la compacité du moteur. Ceci est encore un facteur de diminution du poids du moteur.

S'il s'avérait que le fond 7 du piston atteignait des températures excessives, on peut prévoir son refroidissement par un jet d'huile dirigé dans la cavité 2. Cette solution est, de toute façon, moins complexe que ne l'est l'utilisation de canaux de refroidissement à l'intérieur du piston, qui est souvent nécessaire avec des pistons en aluminium.

La géométrie du piston 12 qui vient d'être décrite n'est qu'un exemple de mise en œuvre de l'invention, que ce soit pour l'apparence générale du piston ou pour les dimensions précises de ses différentes parties. Ainsi, le thixoforgeage offre la possibilité de ménager des nervures de renforcement de faible épaisseur dans différentes zones du piston.

Un exemple non limitatif d'acier pouvant être utilisé pour fabriquer un piston par thixoforgeage est constitué par la gamme générale suivante (en pourcentages pondéraux) :

- 25 -  $0,35\% \leq C \leq 1,2\%$
- $0,10\% \leq Mn \leq 2,0\%$
- $0,10\% \leq Si \leq 1,0\%$
- traces  $\leq Cr \leq 4,5\%$
- traces  $\leq Mo \leq 2,0\%$
- 30 - traces  $< Ni \leq 4,5\%$
- traces  $\leq V \leq 0,5\%$
- traces  $\leq Cu \leq 3,5\%$

Les autres éléments sont du fer et des impuretés classiques résultant de l'élaboration : P, Sn, N, As...

35 Optionnellement, on peut ajouter :

- des éléments de désoxydation : Al (jusqu'à 0,060%) et/ou Ca (jusqu'à 0,050%) ;

- des éléments améliorant la trempabilité, tels que B (jusqu'à 100ppm) ;
- des éléments améliorant l'usinabilité : S (jusqu'à 0,180%), Bi (jusqu'à 0,080%), Te (jusqu'à 0,020%), Se (jusqu'à 0,040%) ; Pb (jusqu'à 0,070%) ;
- 5 - des éléments bloquant le grossissement du grain tels que Ti (jusqu'à 0,050%) et Nb (jusqu'à 0,050%).

Deux exemples de tels aciers peuvent notamment être cités :

- Exemple 1 : C = 0,377% ; Mn = 0,825% ; Si = 0,190% ; Cr = 0,167% ; Ni = 0,113% ; Cu = 0,143% ; Al = 0,022% ; S = 0,01% ; P = 0,007% ; Sn = 10 0,01% ; N = 75ppm ; Ca = 6ppm.

La température de solidus mesurée de cet acier est de 1430°C et la température de liquidus mesurée est de 1538°C. Le thixoforgeage a lieu préférentiellement à 1480°C.

- Exemple 2 (celui utilisé pour réaliser le piston de la figure 2) : C = 15 0,962% ; Mn = 0,341% ; Si = 0,237% ; Cr = 1,500% ; Ni = 0,089% ; Mo = 0,017% ; Cu = 0,161% ; Al = 0,037% ; S = 0,01% ; P = 0,009% ; V = 0,004% ; Ti = 0,002% ; Sn = 0,002% ; N = 41ppm.

La température de solidus mesurée de cet acier est de 1315°C et la température de liquidus mesurée est de 1487°C. Le thixoforgeage a lieu préférentiellement à 1405°C.

- Exemple 3 : C = 0,825% ; Mn = 0,649% ; Si = 0,213% ; Cr = 0,100% ; Ni = 0,062% ; Cu = 0,107% ; Al = 0,035% ; S = 0,007% ; P = 0,007% ; N = 55ppm.

La température de solidus mesurée de cet acier est de 1360°C et la température de liquidus mesurée est de 1490°C. Le thixoforgeage a lieu préférentiellement à 1429°C.

Il faut remarquer que les températures de liquidus et solidus mesurées auxquelles on vient de faire allusion peuvent différer notablement des températures de liquidus et solidus calculées en fonction de la composition de l'acier par les formules classiquement disponibles dans la littérature. En fait, ces formules sont valables dans le cas où l'acier voit sa température baisser de quelques degrés par minute lors d'une solidification suivie d'un refroidissement. Pour la détermination de la température de thixoforgeage optimale, les températures de solidus et de liquidus doivent être mesurées dans les conditions réelles auxquelles seront soumis les lopins, à savoir un réchauffage à partir de la température ambiante, effectué par induction à une vitesse de l'ordre de plusieurs dizaines de degrés par minute. Mais cette détermination peut être

effectuée par l'homme du métier à l'aide d'essais classiques ne présentant pas de difficultés particulières.

Pour les matériaux que l'on vient de décrire, le thixoforgeage doit, de préférence, avoir lieu avec une fraction liquide représentant 10 à 40% de l'acier.  
5 En dessous de 10%, il y a un risque que le métal ne s'écoule pas correctement et se solidifie trop vite au contact des outils. A plus de 40%, il y a des risques d'affaissement et d'écoulement du métal lors de l'opération de chauffage : le lopin devient difficile à transférer correctement vers les outils de mise en forme.

Les aciers dont on vient d'exposer la composition sont des aciers de construction ou de traitement thermique utilisés dans la forge et la mécanique. Ils 10 sont susceptibles de convenir à la fabrication de pistons utilisables dans la majorité des véhicules automobiles, poids lourds, engins de travaux publics, engins agricoles, bateaux, etc.

Pour des applications particulièrement exigeantes en termes, 15 notamment, de températures atteintes en tête de piston, il est envisageable d'utiliser des aciers permettant le travail à chaud tels que des aciers d'outillage à chaud 38CrMoV5, 45CrMoV6, 55NiCrMoV7, les aciers rapides classiques ou surcarburés, et également des fontes ou des alliages à base fer-nickel ou cobalt-nickel. On peut également envisager l'utilisation d'aciers inoxydables, pour le cas 20 où le piston serait appelé à travailler au contact de carburants renfermant des additifs particulièrement corrosifs, par exemple des aciers inoxydables martensitiques Z40Cr13 à Z200Cr13. Tous ces matériaux, ainsi que les aciers au carbone du type utilisable dans l'invention, ont pour caractéristique une teneur en carbone élevée (0,35% au moins), voire très élevée. C'est un élément très 25 favorable à l'opération de thixoforgeage car il abaisse la température de solidus et élargit l'intervalle de solidification : on a ainsi plus aisément accès à l'intervalle optimal de fraction liquide dans le métal.

On voit que l'invention peut être appliquée à une grande variété 30 d'alliages, l'essentiel étant que leurs caractéristiques mécaniques et thermiques se prêtent bien à leur utilisation pour former des pistons, et qu'ils présentent une bonne aptitude au thixoforgeage.

**REVENDICATIONS**

1. Procédé de fabrication d'un piston pour moteur à explosion, ledit piston étant formé d'une pièce métallique monobloc, caractérisé en ce qu'on effectue un réchauffage d'un lopin pour l'amener à une température intermédiaire entre sa température de solidus et sa température de liquidus, et en ce qu'on effectue sa mise en forme par thixoforgeage.
- 5 2. Piston (12) de moteur à explosion, composé d'une pièce métallique monobloc, caractérisé en ce qu'il a été fabriqué par réchauffage d'un lopin pour l'amener à une température intermédiaire entre sa température de solidus et sa température de liquidus, suivi d'une mise en forme par thixoforgeage.
- 10 3. Piston (12) selon la revendication 2, caractérisé en ce que ses pattes sont constituées par des étriers (13) ménagés sur le fond de la cavité intérieure (2) du piston (12), munis d'un orifice (10) pour le passage de l'axe solidarisant le piston (12) et la bielle, et en ce qu'il présente sur sa jupe (3) des évidements (14) donnant accès aux orifices (10) des étriers (13).
- 15 4. Piston (12) selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que la forme de la paroi du fond de piston (7) épouse celle de la surface (8) du fond de piston (7) sur son côté destiné à être tourné vers la chambre de combustion.
- 20 5. Piston selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce qu'il comporte des nervures de renforcement.
6. Piston (12) selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'il est réalisé en acier au carbone.
- 25 7. Piston (12) selon la revendication 6, caractérisé en ce que sa composition est, en pourcentages pondéraux :
  - $0,35\% \leq C \leq 1,2\%$
  - $0,10\% \leq Mn \leq 2,0\%$
  - $0,10\% \leq Si \leq 1,0\%$
  - traces  $\leq Cr \leq 4,5\%$
  - 30 - traces  $\leq Mo \leq 2,0\%$
  - traces  $< Ni \leq 4,5\%$
  - traces  $\leq V \leq 0,5\%$
  - traces  $\leq Cu \leq 3,5\%$
  - traces  $\leq Al \leq 0,060\%$

- traces  $\leq$  Ca  $\leq$  0,050%
- traces  $\leq$  B  $\leq$  100ppm
- traces  $\leq$  Ti  $\leq$  0,050%
- traces  $\leq$  Nb  $\leq$  0,050%

5 les autres éléments étant du fer et des impuretés classiques résultant de l'élaboration.

8. Piston (12) selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il comporte également jusqu'à 0,180% de S et un au moins des éléments choisis parmi jusqu'à 0,080% de Bi, jusqu'à 0,020% de Te, jusqu'à 0,040% de Se, jusqu'à 10 0,070% de Pb.

9. Piston (12) selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'il est réalisé en un acier d'outillage à chaud.

10. Piston (12) selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'il est réalisé en acier rapide.

15 11. Piston (12) selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'il est réalisé en acier inoxydable.

12. Piston (12) selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'il est réalisé en fonte.

13. Piston (12) selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce 20 qu'il est réalisé en alliage à base Fe-Ni.

14. Piston (12) selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce qu'il est réalisé en alliage à base Ni-Co.

1/1

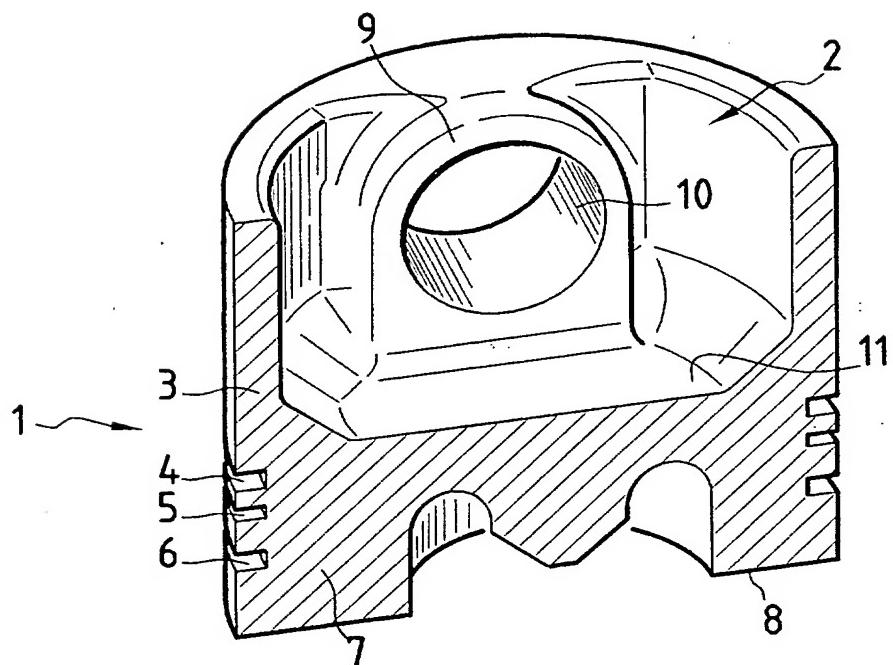


FIG.1

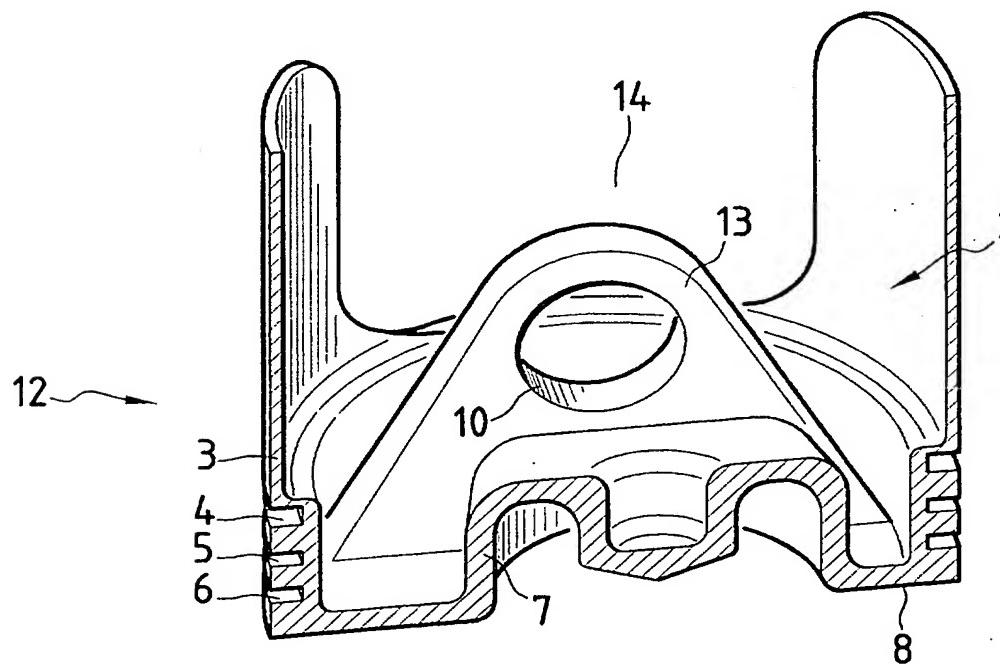


FIG.2

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

reçue le 13/01/03

**BREVET D'INVENTION**

**CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

**cerfa**  
N° 11235\*03

**INV**

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1/1.

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 27GEG3

Vos références pour ce dossier (facultatif)

BFF 02/0323

021(376)

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

Procédé de fabrication d'un piston pour moteur à explosion, et piston ainsi obtenu.

**LE(S) DEMANDEUR(S) :**

ASCOMETAL

**DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :**

<b>1</b>	Nom		ROBELET		
Prénoms		Marc			
Adresse	Rue		19 rue d'Auvergne		
	Code postal et ville		57190 FLORANGE		FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)					
<b>2</b>	Nom				
Prénoms					
Adresse	Rue				
	Code postal et ville				
Société d'appartenance (facultatif)					
<b>3</b>	Nom				
Prénoms					
Adresse	Rue				
	Code postal et ville				
Société d'appartenance (facultatif)					

S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.

**DATE ET SIGNATURE(S)**

**DU (DES) DEMANDEUR(S)**

**OU DU MANDATAIRE**

**(Nom et qualité du signataire)**

Paris, le 5 décembre 2002

C. JACOBSON  
n° 92.1119